

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: **90100170.1**

(51) Int. Cl.⁵: **H01J 37/30, H01J 37/28**

(22) Anmeldetag: **04.01.90**

(30) Priorität: **25.01.89 DE 3902165**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.08.90 Patentblatt 90/31

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB NL

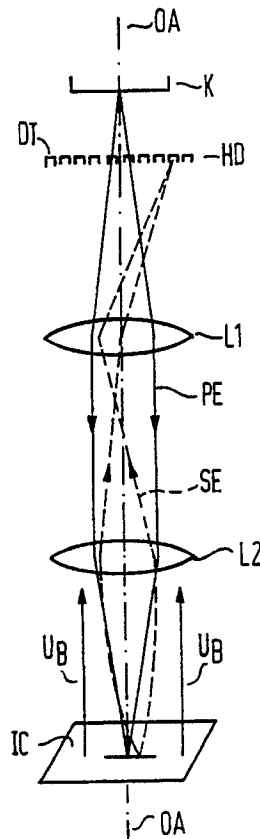
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

(72) Erfinder: **Brunner, Matthias, Dr.-Dipl.-Phys.**
Graf-Andechs-Strasse 30
D-8011 Kirchheim(DE)
 Erfinder: **Lischke, Burkhard, Dr.-Dipl.-Ing.**
In der Heuluss 13
D-8000 München 82(DE)

(54) **Verfahren zur Untersuchung einer Probe in einem Korpuskularstrahlgerät.**

(57) Zur Lokalisierung der durch Partikelbelegung erzeugten Defekte auf Masken und Wafern wurden elektronenoptische Abbildungsverfahren entwickelt, bei denen man das zu untersuchende Objekt mit einem fokussierten Elektronenstrahl abtastet. Da das für eine sichere Defekterkennung notwendige Signal-Rausch-Verhältnis die Abtastgeschwindigkeit begrenzt, bleibt der Durchsatz an inspizierten Objekten gering. Es wird deshalb vorgeschlagen, das Objekt mit einer linienförmigen Elektronensonde abzutasten und die ausgelösten Sekundärelektronen mit Hilfe einer Immersionslinse aufweisenden Elektronenoptik auf einen Detektor abzubilden, wobei jedem Detektorelement ein Linienelement des von der Elektronensonde ausgeleuchteten Oberflächenbereichs zugeordnet ist.

FIG 1



EP 0 379 865 A2

Verfahren zur Untersuchung einer Probe in einem Korpuskularstrahlgerät

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Untersuchung einer Probe in einem Korpuskularstrahlgerät nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In allen Bereichen der Entwicklung und Fertigung mikro- und optoelektronischer Bauelemente besteht ein steigender Bedarf an abbildenden Verfahren, um Mikrometerstrukturen visuell beurteilen, Abweichungen von Sollmustern feststellen und die durch Partikelbelegung erzeugten Defekte auf Masken und Wafern lokalisieren zu können. Aufgrund der geringen Tiefenschärfe sind lichtoptische Verfahren für die Defekterkennung in Submikrometerstrukturen nur noch begrenzt einsetzbar. Es wurden deshalb elektronenoptische Abbildungsverfahren entwickelt, bei denen man das zu untersuchende Objekt mit einem fokussierten Elektronenstrahl abtastet und den durch Topographie-, Material- oder Potentialkontrast modulierten Sekundärelektronenstrom in einem Detektor nachweist. Da das für eine sichere Defekterkennung notwendige Signal-Rausch-Verhältnis die Abtastgeschwindigkeit begrenzt, erlauben diese Verfahren nur einen geringen Durchsatz an inspizierten Objekten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das einen hohen Durchsatz an inspizierten Objekten gewährleistet. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1 gelöst.

Der mit der Erfindung erzielbare Vorteil besteht insbesondere darin, daß man die durch Partikelbelegung erzeugten Defekte auf Masken und Wafern sehr schnell lokalisieren kann, wobei die Auflösung der bekannter teilchenoptischer Abbildungsverfahren entspricht.

Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung, die im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert wird. Hierbei zeigen:

Fig. 1 und 2 Vorrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

Fig. 3 und 4 Vorrichtungen zur Erzeugung einer linienförmigen Elektronensonde

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignet sich insbesondere das in Fig. 1 schematisch dargestellte Elektronenstrahlmeßgerät. Es besteht im wesentlichen aus einem eine schneidenförmige Kathode K aufweisenden Strahlerzeuger, einer Elektronenoptik zur Fokussierung der von der Kathode K emittierten und in Richtung einer Anode beschleunigten Primärelektronen PE auf die zu untersuchende Probe IC und einem Detektor DT zum Nachweis der auf der Probe IC ausgelösten Sekundärelektronen SE. In dem ge-

zeigten Ausführungsbeispiel ist eine die Linsen L1 und L2 umfassende Elektronenoptik vorgesehen, die die aufgrund der Kathodengeometrie linienförmige Primärelektronenquelle verkleinert auf die unmittelbar unterhalb der Linse L2 angeordnete Probe IC abbildet. Als Objektivlinse L2 dient eine Immersionslinse, an deren magnetisches Feld sich ein die Primärelektronen PE abbremsendes, die ausgelösten Sekundärelektronen SE entgegen der Primärstrahlrichtung beschleunigendes elektrisches Feld anschließt. Die Stärke des im Raumbereich zwischen der Linse L2 und der Probe IC aufgebauten elektrischen Verzögerungs- bzw. Beschleunigungsfeldes (symbolisiert durch die mit U_B bezeichneten Pfeile) ist hierbei so bemessen, daß die Elektronenoptik ein vergrößertes Bild der aufgrund der Strahlfleckgeometrie ebenfalls linienförmigen Sekundärelektronenquelle auf dem im Strahlengang oberhalb der Linse L1 angeordneten Detektor DT erzeugt (in Fig. 1 ist nur der Strahlengang für die an einem außerhalb der optischen Achse OA liegenden Punkt ausgelösten Sekundärelektronen SE dargestellt). Als Detektor DT kommt insbesondere eine linienförmige Anordnung von Halbleiterdioden in betracht, wobei jedem Detektorelement HD ein Linienelement des vom Primärstrahl jeweils ausgeleuchteten Oberflächenbereichs zugeordnet ist. Da man sehr viele Objektpunkte gleichzeitig mit dem Primärstrahl abtastet und die ausgelösten Sekundärelektronen SE in den den Objektpunkten jeweils zugeordneten Detektorelementen HD nachweist, reduziert sich die Zeit zur Untersuchung der Probe IC erheblich. Eine großflächige Abtastung der Probenoberfläche wird hierbei durch Ablenkung des primären Elektronenstrahls und/oder durch mechanisches Verschieben der Probe IC bezüglich der optischen Achse OA erreicht.

Wie die Fig. 2 schematisch zeigt, kann man die im elektrischen Feld der Immersionslinse OL beschleunigten Sekundärelektronen SE auch in einem außerhalb der optischen Achse OA angeordneten Detektor DT nachweisen, wobei als Ablenkeinheit insbesondere ein den Primärstrahl nicht beeinflussendes Wien-Filter oder ein elektrisches bzw. magnetisches Multipolelement WF Verwendung findet.

Zur Abtastung der Probe IC verwendet das erfindungsgemäße Verfahren eine Elektronensonde mit einem Strahlquerschnitt, dessen in einer ersten Richtung gemessene Ausdehnung sehr viel größer ist als in einer dazu orthogonalen Richtung ($l_x: l_y > 10:1$). Wie eingangs erwähnt, bedient man sich bei der Erzeugung einer solchen Elektronensonde der verkleinernden elektronenoptischen Abbildung einer Linienquelle, die beispielsweise auch aus einer Vielzahl linienförmig angeordneter Einzelquellen

bestehen kann. Es ist selbstverständlich auch möglich, eine Schlitzblende mit einem runden oder bandförmigen Elektronenstrahl auszuleuchten und die Blendenöffnung verkleinert auf die Probe IC abzubilden. Wie die Fig. 3 zeigt, umfaßt die Elektronenoptik zur Ausleuchtung der eine rechteckförmige Durchtrittsöffnung BA aufweisende Blende SB beispielsweise eine Rundlinse RL und eine magnetische Kondensorlinse KL, die unmittelbar unterhalb des Elektronenstrahlerzeugers Q angeordnet sind. Dieser besteht vorzugsweise aus einer linienförmigen Kathode K, insbesondere einem LaB6-Schneiden emitter mit abgeflachter Spitze, einer im Bereich der Kathodenspitze angeordneten Schlitzblende W sowie einer Doppelanode A, deren Elektroden ebenfalls als Schlitzblenden ausgebildet sind (s. die den Strahlenerzeuger Q in Draufsicht zeigende Fig. 4).

Die die Probe IC abtastende Elektronensonde setzt sich aus einer Vielzahl von Teilstrahlen zusammen, falls die Blende SB eine linienförmige Anordnung von quadratischen Durchtrittsöffnungen aufweist. Hierbei ist es von Vorteil, jeden der Teilstrahlen aus einer eigenen Quelle zu speisen. Als Elektronenquellen kommen beispielsweise die aus J. Vac. Sci. Technol. A5 (4), 1987, Seite 1544 bis 1548 bekannten Silizium-Kaltkathoden, Photokathoden (Appl. Phys. Lett. 51.2, 1987, Seite 145 bis 147), Lab6-Einkristall-Schneidenemitter (US-A-4 724 328) und die in SRI International Technical Note 2, November 1984 beschriebenen Feldemissionskathoden in betracht.

Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. So ist es ohne weiteres möglich, anstelle von Sekundärelektronen auch rückgestreute Elektronen im Detektor nachzuweisen. Diese werden aufgrund der Strahlfleckgeometrie ebenfalls in einem linienförmigen Bereich ausgelöst.

In dem beschriebenen Elektronenstrahlmeßgerät können weitere Linsen vorgesehen sein, um die notwendige Verkleinerung der Primärelektronenquelle bzw. Vergrößerung der Sekundärteilchenquelle zu erzielen.

Es ist selbstverständlich auch möglich, die elektronenoptischen Strahlengänge von Primär- und Sekundärteilchen zu trennen und für jeden Strahlengang abbildende Elemente vorzusehen.

Ansprüche

1. Verfahren zur Untersuchung einer Probe (IC) in einem Korpuskularstrahlgerät, bei dem die Probe (IC) mit einer Teilchensonde (PE) bestrahlt wird und bei dem die von der Teilchensonde (PE) ausgelösten Sekundärteilchen (SE) nachgewiesen werden,

dadurch gekennzeichnet, daß eine Teilchensonde (PE) mit einem linienförmigen Querschnitt erzeugt und auf die Probe (IC) gerichtet wird und daß eine dadurch erzeugte linienförmige Sekundärteilchenquelle auf einen oberhalb einer Objektivlinse (OL) des Korpuskularstrahlgeräts angeordneten Detektor (DT) abgebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärteilchenquelle auf einen linienförmigen, aus einer Vielzahl von teilchenempfindlichen Elementen (HD) bestehenden Detektor (DT) abgebildet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärteilchen (SE) oberhalb der Objektivlinse (OL) abgelenkt und in dem außerhalb einer optischen Achse (OA) des Korpuskularstrahlgeräts angeordneten Detektor (DT) nachgewiesen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärteilchen (SE) unter Verwendung eines Wien-Filters (WF) abgelenkt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärteilchen (SE) unter Verwendung eines elektrischen oder magnetischen Multipolelementes abgelenkt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß die Sekundärteilchenquelle unter Verwendung einer als Objektivlinse dienenden Immersionslinse (OL) abgebildet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, daß eine aus einer Mehrzahl von Teilstrahlen bestehenden Teilchensonde (PE) erzeugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, daß die Teilstrahlen jeweils aus einer Teilchenquelle gespeist werden und daß die Teilchenquellen linienförmig angeordnet werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchensonde (PE) durch Abbildung einer von einem Primärstrahl (BS) ausgeleuchteten Blendenöffnung (BA) erzeugt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchensonde (PE) unter Verwendung einer schneidenförmigen Kathode (K) aufweisenden Teilchenquelle (Q) erzeugt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

dadurch gekennzeichnet , daß die Probe (IC) durch Ablenkung der Teilchensonde (PE) flächenhaft abgetastet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

dadurch gekennzeichnet , daß die Probe (IC) bezüglich der Teilchensonde (PE) verschoben wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

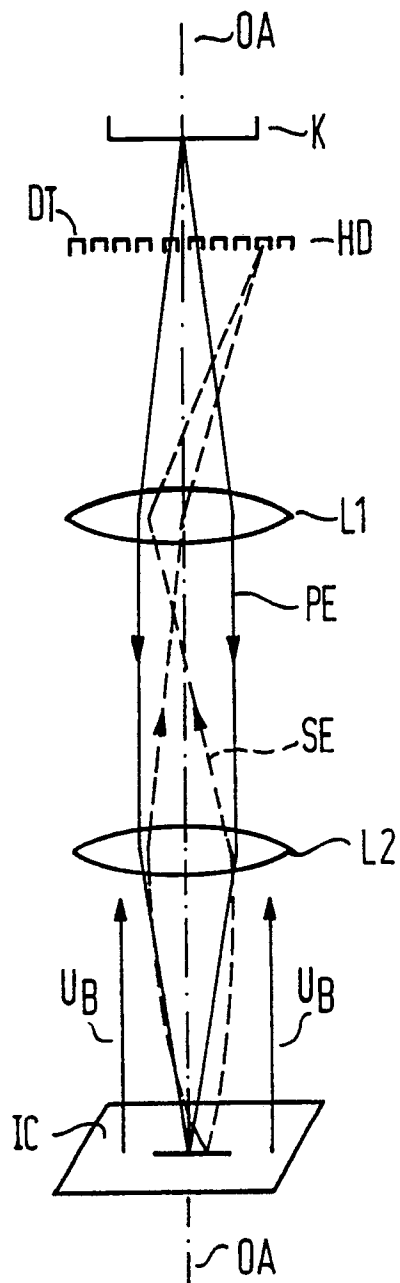


FIG 2

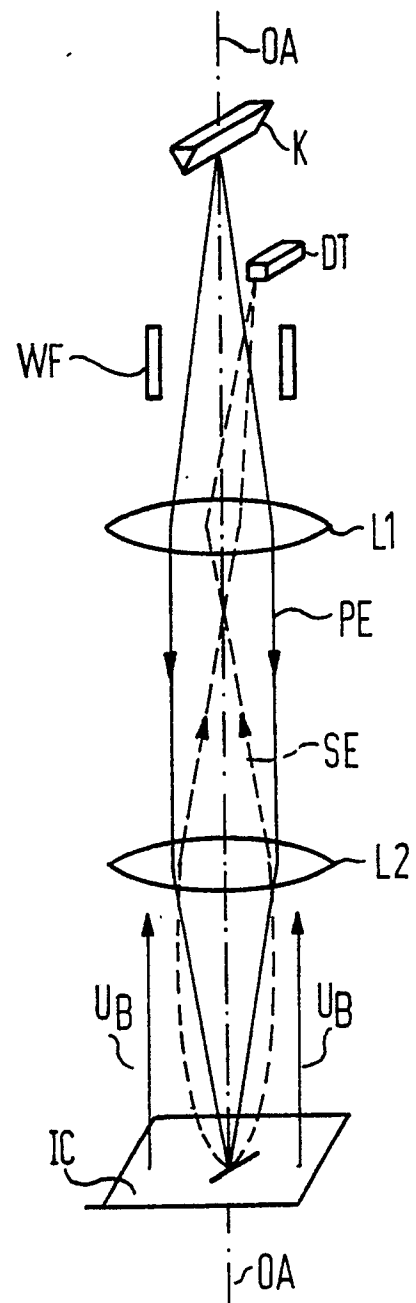


FIG 3

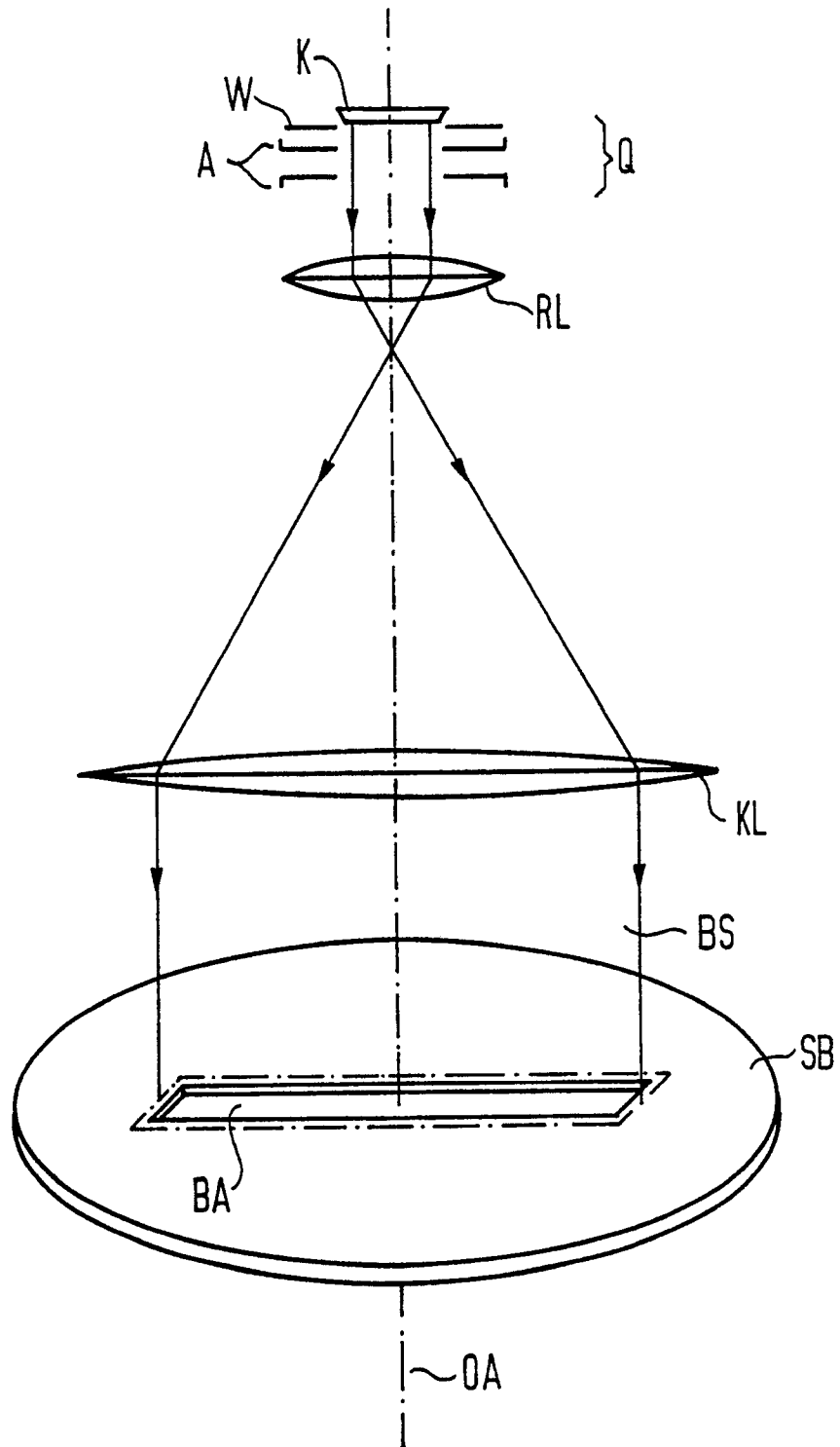


FIG 4

